

توسعه روشی شیء گرا جهت تشخیص ساختمانها و برآورد میزان تخریب به روش شبکه عصبی مصنوعی توسط تصاویر VHR

بابک منصوری

استادیار - مدیر گروه مدیریت شرایط اضطرار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران، ایران
mansouri@iiees.ac.ir

مونا السادات مصطفی زاده

دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
m.mostafazadehshostari@iiees.ac.ir

کلید واژه‌ها: قطعه‌بندی، طبقه‌بندی شیء گرا، آنالیز بافت، تشخیص خسارت، شبکه عصبی مصنوعی

چکیده

زلزله یکی از مهمترین سوانحی است که سالیانه خسارات و تلفات فراوانی در سراسر دنیا به جا می‌گذارد. پس از وقوع زلزله، اطلاع دقیق از وضعیت منطقه و تعیین دقیق موقعیت ساختمان‌های تخریب شده و میزان تخریب آنها از مسائل مهم و حیاتی مدیریت بحران است. هدف این مقاله استخراج خودکار ساختمانها و تعیین میزان آسیب لرزه ای آنها توسط پردازش تصاویر ماهواره ای می باشد. به منظور پیاده سازی روش پیشنهادی، تصاویر ماهواره QuickBird در قبل و بعد از زلزله بم سال ۲۰۰۳ استفاده گردید. پس از انجام عملیات پیش پردازش نظیر آماده سازی و تلفیق تصاویر، روش قطعه‌بندی شیء گرا با استفاده از سه پارامتر مقیاس، شکل و فشردگی تکمیل شد. با استفاده از الگوریتم نزدیکترین همسایه، عوارض شهری مورد طبقه‌بندی مدیریت شده قرار گرفتند. سپس با مقایسه نقشه پارس‌های ساختمانی (بانک داده های مرجع) ارزیابی صحت نقشه استخراج ساختمان‌ها صورت گرفت. نتایج ماتریس خطا صحت کلی را برابر ۹۵٪ گزارش داده است. همچنین با استفاده از تغییرات در شاخص های بافتی تصاویر (آنالیز بافت) بروی ساختمان‌ها، در قبل و بعد از زلزله، نقشه خسارت در سه درجه آسیب دیدگی جزئی، خرابی زیاد و ویرانی کامل با استفاده از به کار گیری شبکه عصبی بدست آمده است. صحت کلی نقشه تهیه شده تخریب برابر ۷۸٫۹٪ بدست آمده است.

مقدمه

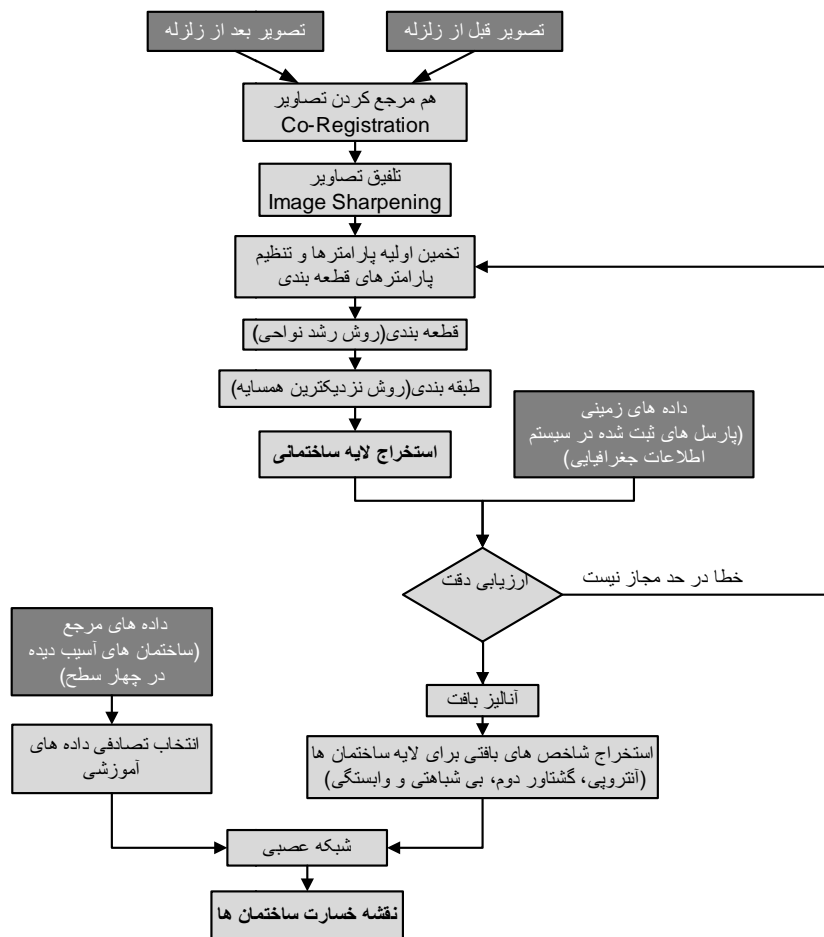
زلزله یکی از سوانح ویرانگر طبیعی با میزان بالای مرگ و میر و گستره ی بالای خرابی‌ها است. غیر قابل پیش بینی بودن زمان وقوع و نیز لحظه ای بودن رخداد زلزله‌ها موجب شده که آنها را از سایر سوانح طبیعی متمایز سازد. افزایش روز افزون جمعیت از طرفی و توسعه مناطق شهری از طرف دیگر باعث گردیده تا منابع و خدمات شهری رشد فراوانی پیدا نمایند. ساختمان‌ها به عنوان مهمترین عارضه شهری، به خاطر تهدید جان ساکنین و نیز در معرض خطر قرار گرفتن ثروت انسانی، به حساب می‌آید. در نتیجه تلاش بیشتری برای ارائه روش‌های خودکار و یا نیمه خودکار جهت شناسایی ساختمان‌ها در سال‌های گذشته انجام شده است. هدف از استخراج خودکار ساختمان‌ها، موقعیت یابی صحیح آنها و بدست آوردن اطلاعات دقیق (شامل میزان تخریب) و بروز برای مدیریت سوانح طبیعی و می‌باشد.

استفاده از مشاهدات زمینی، یکی از روش‌های تهیه این نقشه‌ها است که به دلیل سرعت کم جمع‌آوری اطلاعات، دشوار بودن و یا دسترسی نداشتن به تمام مناطق آسیب دیده از مهمترین مشکلات مطرح در این زمینه است. فناوری سنسور از دور، با غلبه بر مشکل دسترسی و سرعت بالای اخذ اطلاعات، می‌تواند ابزاری مهم در امر جمع‌آوری اطلاعات تلقی گردد. در روش‌های غیر خودکار یا دستی مرز ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی بالا به صورت دستی توسط کاربر در سیستم اطلاعات جغرافیایی ثبت می‌گردد که فرآیندی زمان بر می‌باشد. بنابراین استخراج ساختمان‌ها با به کارگیری روش‌های خودکار دارای اهمیت و پتانسیل بالایی است. این در حالی است که الگوریتم‌های بسیاری در این زمینه ارائه شده است که هیچ یک از آن‌ها نمی‌توانند مساله را بطور کامل حل کنند. در این پژوهش از قطعه‌بندی و

طبقه‌بندی شیء گرا^۱ جهت استخراج ساختمان‌ها استفاده شده است. این روش امکان استفاده از اطلاعات شکل را علاوه بر اطلاعات طیفی می‌دهد. در مرحله اول از این پژوهش از روش رشد نواحی^۲ جهت قطعه‌بندی تصویر و از روش نزدیکترین همسایه جهت طبقه‌بندی عوارض شهری (ساختمان‌ها، خیابان‌ها، فضای سبز و ...) استفاده شده است. در نهایت پس از استخراج ساختمان‌ها، به منظور ارائه نقشه خسارت ساختمان‌ها در درجات متفاوت خسارت، از آنالیز بافت روی تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و شبکه عصبی استفاده شد.

روش اجرا

در ابتدا تصویر QuickBird بعد با تصویر قبل از زلزله هم مرجع و سپس با استفاده از روش تلفیق تصاویر، باند های پانکروماتیک و چند طیفی^۳ تصویر قبل از زلزله با هم به روش ترکیب شده است. پس از آن تصویر قبل از زلزله با استفاده از روش شیء گرا آنالیز گردید که شامل قطعه‌بندی و پس از آن طبقه‌بندی می‌باشد. در مرحله قطعه‌بندی از روش ادغام نواحی و در قسمت طبقه‌بندی از روش نظارت شده (نزدیکترین همسایه) استفاده شد. ساختمان‌های استخراج شده از مرحله قبل به صورت ماسک روی تصاویر پس از زلزله قرار گرفت و با کمک آنالیز بافت و از اختلاف نسبی تغییرات در توصیف گره‌های مورد نظر، نقشه خسارت ساختمان‌های شهر بم به کمک شبکه عصبی مصنوعی در سه درجه خرابی بدست آورده شد. در شکل ۱ روش اجرای کار به طور خلاصه آورده شده است.



شکل ۱: فلوچارت روش اجرا

مطالعه موردی – زلزله شهر بم و انتخاب داده

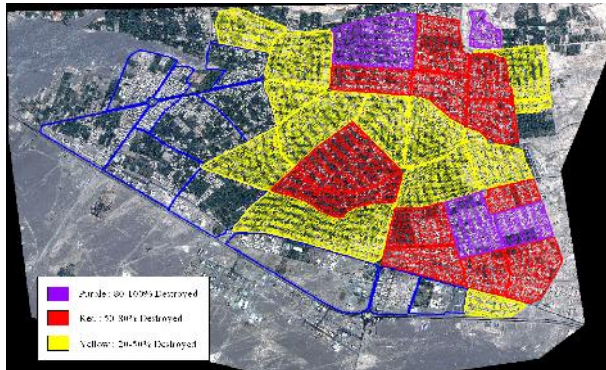
زمین لرزه بم با بزرگای گشتاوری ۶٫۶ در ساعت ۰۵/۲۶ به وقت محلی در پنجم دیماه ۱۳۸۲ در شهر بم، جنوب شرقی ایران به وقوع پیوست. این زمین لرزه باعث کشته شدن بیش از ۲۶ هزار نفر، زخمی شدن حدود ۱۰۰۰۰ نفر و بی‌خانمانی بیش از ۷۵۰۰۰ نفر گردید (Relief

¹ Object Oriented

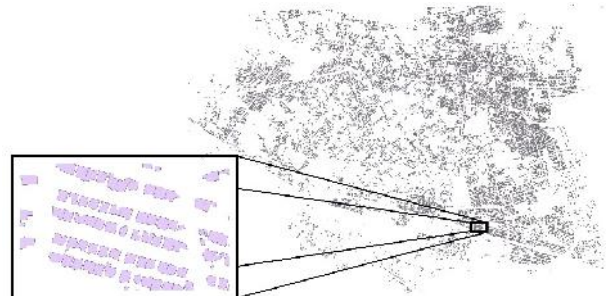
² Region Growing

³ Multi-Spectral

(Web, 2004). در این مقاله از تصاویر ماهواره ای QuickBird در تاریخ 30 سپتامبر 2003 مربوط به سه ماه قبل از زلزله بم و تاریخ 3 ژانویه 2004، 8 روز بعد از زلزله استفاده شده است. قدرت تفکیک مکانی این ماهواره در باند پانکروماتیک 0,6 متر و در باند چند طیفی 2,6 متر می باشد. جهت ارزیابی دقت ساختمان‌های استخراج شده، از نقشه پارس‌های ساختمانی ثبت شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی¹ (Mansouri et al, 2007) استفاده گردید (شکل ۲). به عنوان صحت سنجی مدل از داده های مرجع که از مشاهدات بصری میزان تخریب در تصاویر قبل و بعد از زلزله (Yamazaki et al, 2005) بدست آمده، بهره گرفته شد (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه تخریب ساختمانی (Yamazaki et al, 2005)



شکل ۲: نقشه پارس‌های ساختمانی (Mansouri, 2007)

روش شناسی

پیش پردازش داده‌ها

جهت هم مرجع کردن تصویر بعد از زلزله با تصویر قبل از زلزله، ۴۹ نقطه کنترلی در تصویر انتخاب شد. پس از انتخاب نقاط کنترل کافی همراه با دقت لازم، تصحیح هندسی بر روی تصویر بعد از زلزله با استفاده از تبدیل چند جمله ای درجه اول انجام شد. همچنین تمامی این مراحل بر روی نقشه پارس‌های ساختمانی جهت هم مرجع کردن با تصویر قبل از زلزله اجرا گردید. پس از آن به منظور دست یابی به تصویری با جزئیات طیفی مناسب و قدرت تفکیک مکانی بالاتر، باند پانکروماتیک و چند طیفی تصویر با استفاده از تبدیل به روش تصویر سازی Pan sharpening تلفیق شدند.

قطعه‌بندی

قطعه‌بندی یا ناحیه بندی، تقسیم یک تصویر به بخش های پیوسته ای است که به طور ایده آل مطابق با عوارض روی زمین باشد (Gorte et al, 2003). در این مقاله از روش قطعه‌بندی Multi-resolution استفاده شد که روش ادغام نواحی تلقی می‌گردد. در این روش از یک پیکسل به نمایندگی از یک شیء شروع شده و دو شیء تا زمانی که به معیاری از عدم تجانس برسند با هم ادغام می‌شوند. با توجه به روابط (۱) الی (۵)، معیار عدم تجانس یا مقیاس به ترکیبی از وزن شکل و وزن طیف بستگی دارد (Benz et al, 2004). مهمترین مرحله در پردازش داده‌ها، انتخاب پارامترهای مناسب قطعه‌بندی جهت استخراج ساختمان می‌باشد. این پارامترها شامل مقیاس به نمایندگی از اندازه شیء، "وزن شکل" به نمایندگی از اهمیت طیفی و "وزن فشردگی" به نمایندگی از اهمیت شکل می‌باشد.

$$Scale = w_{Spectral} \cdot h_{Spectral} + w_{Shape} \cdot h_{Shape} \quad , \quad w_{Spectral} + w_{Shape} = 1 \quad (1)$$

$$h_{Spectral} = \sum w_c \cdot \dagger_c \quad (2)$$

$$h_{Shape} = w_{Compt} \cdot h_{Compt} + w_{Smooth} \cdot h_{Smooth} \quad , \quad w_{Compt} + w_{Smooth} = 1 \quad (3)$$

¹ Geographic Information System (GIS)



$$h_{Compt} = l / \sqrt{n} \quad (4)$$

$$h_{Smooth} = l / b \quad (5)$$

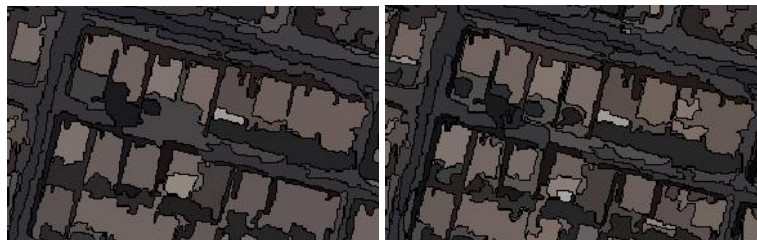
در اینجا چند نمونه قطعه‌بندی پیاده سازی شد و نتایج با تصویر ماهواره ای مقایسه گردید. در شکل ۴ به ازای مقیاس های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ قطعه‌بندی انجام شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود هرچه مقیاس کاهش پیدا می‌کند، تصویر به قطعات کوچکتری تقسیم می‌شود و تعداد قطعات در تصویر بیشتر و جزئیات اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. در نتیجه با مقایسه تصویر اصلی و تصاویر قطعه‌بندی شده، تصویر قطعه‌بندی شده با مقیاس ۳۰ نزدیکترین تقسیم بندی به واقعیت را دارد. برای انتخاب "وزن فشردگی" و "وزن شکل" مناسب نتایج سه مورد در شکل ۵ نشان داده شده است. در مورد اول زمانی که از اطلاعات طیفی بیشتر استفاده می‌شود تغییرات طیفی در قطعات ایجاد شده کمتر و در مورد دوم زمانی که از اطلاعات طیفی کمتر استفاده شود تغییرات طیفی در قطعات بیشتر مشاهده می‌شود. در مورد سوم قطعات تقسیم شده شباهت بیشتری به ابعاد ساختمان دارند. در نتیجه با انتخاب مقیاس ۳۰، وزن شکل ۰.۵ و وزن فشردگی ۰.۵ تصویر قبل از زلزله هم با روش رشد نواحی قطعه‌بندی شد (شکل ۶).



۳: قطعه‌بندی با مقیاس ۲۰

۲: قطعه‌بندی با مقیاس ۱۰

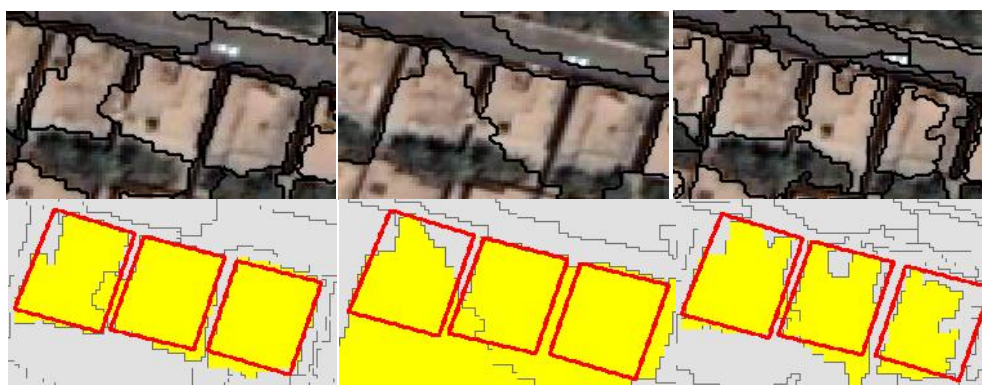
۱: تصویر اصلی



۵: قطعه‌بندی با مقیاس ۵۰

۴: قطعه‌بندی با مقیاس ۳۰

شکل ۴: تاثیر مقیاس بر روی قطعه‌بندی تصویر



3: Scale = 30

2: Scale = 30

1: Scale = 30

$$W_{shape} = 0.5$$

$$W_{shape} = 0.9$$

$$W_{shape} = 0.1$$

$$W_{compactness} = 0.5$$

$$W_{compactness} = 0.1$$

$$W_{compactness} = 0.9$$

شکل ۵: تاثیر "وزن شکل" و "وزن فشردگی" به ازای مقادیر مختلف



۲: قطعه‌بندی تصویر

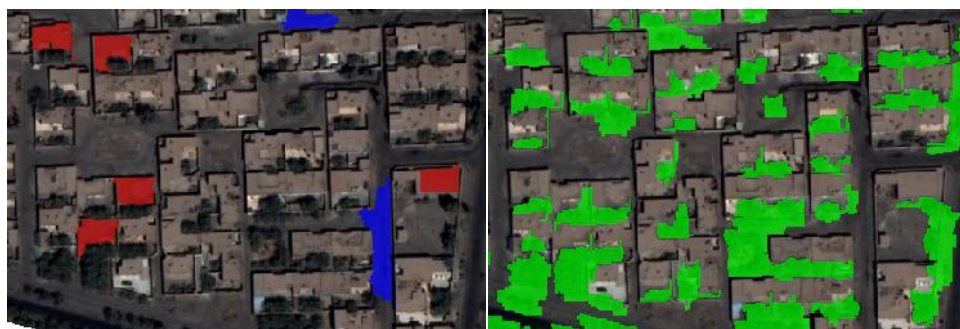
۱: تصویر قبل از زلزله

شکل ۶: قسمتی از تصویر قطعه‌بندی شده شهر بم (پیاده سازی با استفاده از نرم افزار Cognition)

طبقه‌بندی

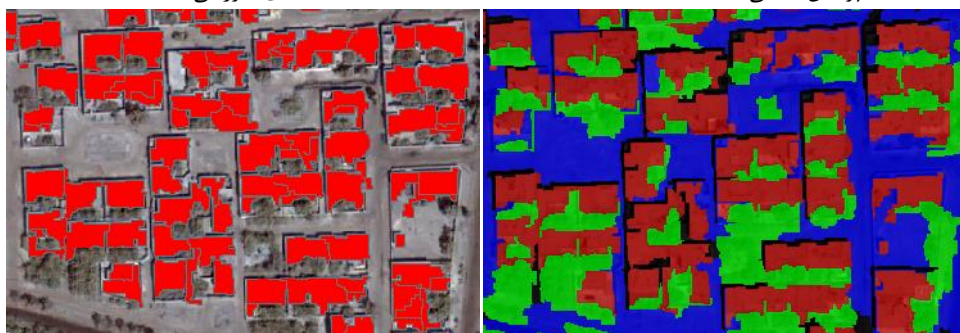
بعد از مرحله قطعه‌بندی، طبقه‌بندی روی تصویر آغاز می‌شود. در اینجا چهار کلاس ساختمان، غیر از ساختمان، پوشش گیاهی و سایه برای طبقه‌بندی تصویر در نظر گرفته شد. سپس به منظور طبقه‌بندی پوشش گیاهی، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده^۱ طبق رابطه (۶) با استفاده از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک تصویر محاسبه شده (Mather and Tso, 2003) و با توجه به پوشش منطقه قسمت هایی از تصویر که شاخص بزرگتر از ۰٫۱ دارند در کلاس پوشش گیاهی قرار گرفته است. همچنین به منظور طبقه‌بندی بقیه کلاس ها تعدادی نمونه آموزشی برای هر کلاس انتخاب و طبقه‌بندی به کمک روش نزدیک ترین همسایه انجام شد (شکل ۷).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (6)$$



۲: داده‌های آموزشی

۱: پوشش گیاهی



۴: ساختمان‌های استخراج شده

۳: طبقه‌بندی تصویر

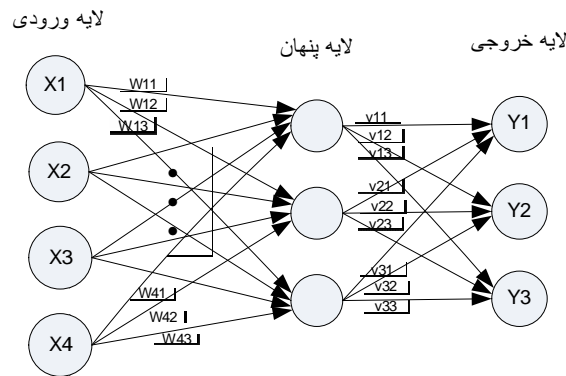
شکل ۷: مراحل طبقه‌بندی و استخراج ساختمان‌ها

^۱ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



آشکارسازی تغییرات به روش شبکه عصبی مصنوعی

پارسل‌های (polygon) ساختمانی بدست آمده از تصویر قبل از زلزله به صورت ماسک بر روی تصویر بعد از زلزله قرار گرفت. سپس از روش‌های آماری مرتبه دوم (Haralick et al, 1973)، توصیف‌گرهای بافتی آنتروپی، گشتاور دوم، بی‌شبهی و وابستگی برای تصاویر قبل و بعد از زلزله تولید و اختلاف نسبی هر یک از شاخص‌های بافتی برای تمام ساختمان‌های موجود محاسبه گردید. همچنین جهت دست‌یابی به نقشه تخریب و با داشتن اطلاعات درجه خسارت هر یک از ساختمان‌ها (بخش انتخاب داده)، سه درجه خسارت آسیب دیدگی جزئی، خرابی زیاد و ویرانی کامل (مطابق با درجات تخریب در روش EMS-98) مد نظر قرار گرفت و برای هر درجه از خسارت تعداد ۱۰۰ ساختمان به صورت تصادفی جهت داده‌های آموزشی انتخاب شد. در ادامه به منظور آشکارسازی تغییرات زلزله، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. برای آموزش شبکه عصبی تعداد نرون‌های لایه ورودی با توجه به توصیف‌گرهای بافتی انتخاب شده، ۴ و تعداد ۳ خروجی به ازای درجه خسارت ساختمان‌ها و تعداد ۳ نرون برای لایه پنهان در نظر گرفته شد. نوع برگشت‌پذیری شبکه با توجه به نگاهت‌های غیر خطی مساله از شبکه پیشخور^۱ انتخاب گردید و برای تعیین خروجی مورد نظر از تابع فعال‌سازی سیگموئید استفاده شد (شکل ۸). در مرحله آموزش شبکه عصبی خطای یادگیری محاسبه شده و از آن برای تنظیم وزن‌های ارتباطی در شبکه استفاده می‌گردد (جدول ۱). سپس بر اساس قانونمندی مدل داده‌های آموزشی، خروجی شبکه عصبی به ازای درجات مختلف خسارت تعیین می‌شود. در شکل ۹ نقشه خسارت ساختمان‌های شهر بم نشان داده شده است.

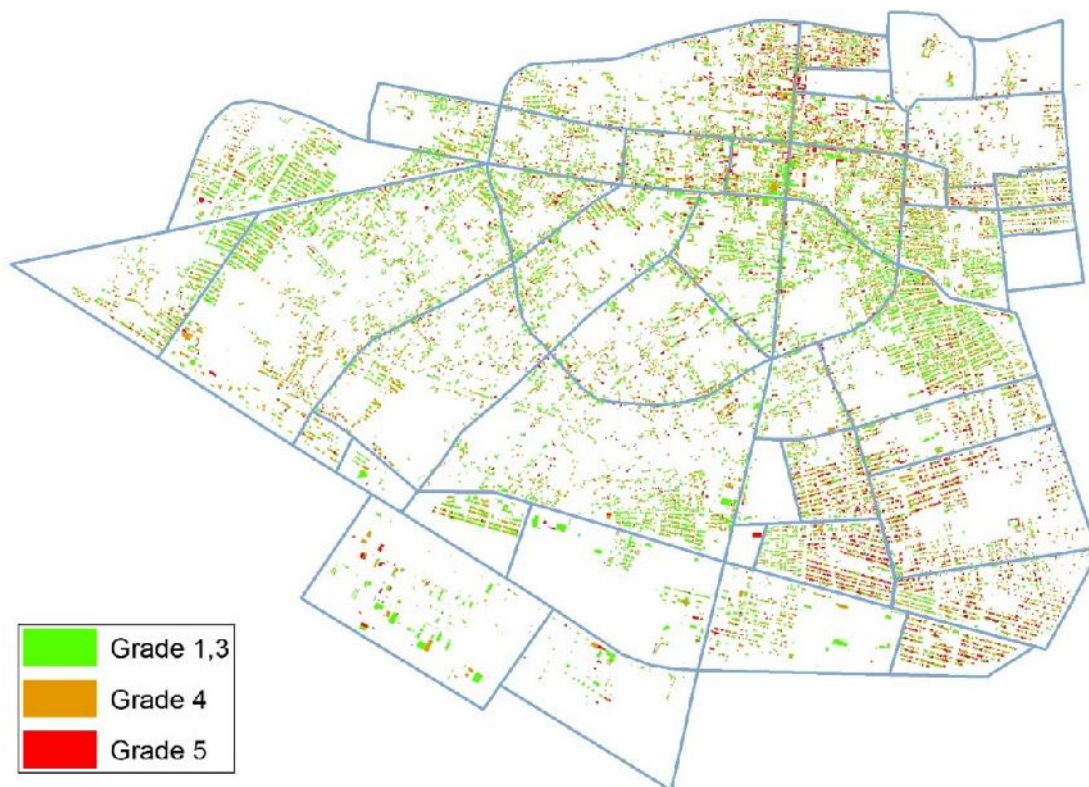


شکل ۸: ساختار شبکه عصبی

جدول ۱: مقدار وزن‌های ارتباطی شبکه عصبی مصنوعی

Input	Weight to Hidden Layer From Input		Weight to Output	Output
X_1 : Second Moment	W_{11}	1.29	V_{11}	Grade 1,3
	W_{12}	4.54	V_{21}	
	W_{13}	-0.78	V_{31}	
X_2 : Correlation	W_{21}	-0.15	V_{12}	Grade 4
	W_{22}	-1.63	V_{22}	
	W_{23}	-2.12	V_{32}	
X_3 : Dissimilarly	W_{31}	-0.099	V_{13}	Grade 5
	W_{32}	-0.52	V_{23}	
	W_{33}	-0.88	V_{33}	
X_4 : Entropy	W_{41}	0.13		
	W_{42}	1.5		
	W_{43}	0.8		

¹ Feed-forward



شکل ۹: نقشه خسارت ساختمان‌های شهر بم-خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی

نتایج-ارزیابی دقت

استخراج عوارض شهری

پس از طبقه‌بندی تصویر جهت دستیابی به ارزیابی دقت نقشه ساختمان‌های استخراج شده در روش شیء گرا، ماتریس خطا ایجاد شد (جدول ۲). برای برآورد دقت روش، ۳۶۴ نمونه بطور تصادفی انتخاب گردید. از ۱۰۹ نمونه‌ای که به کلاس ساختمان تعلق داشت با داده‌های زمینی (بخش انتخاب داده) مقایسه گردید و مشاهده شد که ۱۰۷ مورد به کلاس ساختمان تعلق دارد. دقت کلی^۱ در این روش برابر ۹۵٪ است. دقت کاربر^۲ برای کلاس ساختمان ۹۸٪ و دقت تولیدکننده^۳ برای این کلاس ۸۹٪ می‌باشد.

جدول ۲: ماتریس خطا برای کلاس ساختمان و سایر کلاس‌ها

داده‌های زمینی				اطلاعات پردازش شده
دقت کاربر	جمع کل	سایر کلاس‌ها	ساختمان	
۹۸٪	۱۰۹	۲	۱۰۷	ساختمان
۹۵٪	۲۵۵	۲۴۲	۱۳	سایر کلاس‌ها
-	۳۶۴	۲۴۴	۱۲۰	جمع کل
-	-	۹۹٪	۸۹٪	دقت تولیدکننده

¹ Overall Accuracy

² User Accuracy

³ Producer Accuracy



برآورد خسارت

در بخش دوم برای ارزیابی دقت درجه خسارت ساختمان‌ها، تعداد ۱۱۴ نمونه به صورت تصادفی انتخاب شد و با داده‌های مرجع (بخش انتخاب داده) مقایسه شد. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ماتریس خطا ایجاد و دقت کلی در این روش برابر ۷۸٫۹٪ اندازه گیری شد.

جدول ۳: ماتریس خطا برای درجه خسارت ساختمان‌ها

داده‌های مرجع					اطلاعات پردازش شده
دقت کاربر	جمع کل	درجه ۵	درجه ۴	درجه ۳ و ۱	
۸۴٫۷٪	۴۶	۱	۶	۳۹	درجه ۱ و ۳
۷۷٫۸٪	۳۶	۵	۲۸	۳	درجه ۴
۷۱٫۹٪	۳۲	۲۳	۵	۴	درجه ۵
-	۱۱۴	۲۹	۳۹	۴۶	جمع کل
-	-	۷۹٫۳٪	۷۱٫۷٪	۸۴٫۸٪	دقت تولیدکننده

نتیجه‌گیری

در این مقاله از تصاویر ماهواره ای QuickBird مربوط به قبل و بعد از زلزله بم در تاریخ ۲۶ دسامبر سال ۲۰۰۳ استفاده گردید و با استفاده از روش ادغام نواحی و انتخاب مناسب سه پارامتر مقیاس، شکل و فشردگی، قطعه‌بندی شیء گرا بر روی تصویر قبل از زلزله انجام شد. پس از آن تصویر قطعه‌بندی شده با روش نظارت شده به عوارض قابل تفکیک شهری طبقه‌بندی گردید. جهت ارزیابی روش، ساختمان‌های استخراج شده با نقشه ساختمان‌های شهر بم مقایسه و دقت کلی در این روش ۹۵٪ بدست آمد. در مرحله دوم آشکارسازی تغییرات توسط شبکه عصبی تکمیل گردید. تغییرات شاخص‌های بافتی روی ساختمان‌ها در قبل و بعد از زلزله تحت ۴ لایه ورودی و درجات خسارت ساختمان‌ها تحت ۳ لایه خروجی، ۳ لایه پنهان و تابع فعالسازی سیگموئید، شبکه عصبی مصنوعی طراحی شد. پس از آموزش شبکه عصبی نتایج بروی کل داده‌ها بدست آمد. از بین ۲۳۰۱۹ ساختمان موجود ۵۵٪ آسیب دیدگی جزئی، ۲۰٪ خرابی زیاد و ۲۵٪ ساختمان‌ها به طور کامل ویران شده بدست آمد که دقت کلی در این روش ۷۸٫۹٪ گزارش شد.

فهرست مراجع

- Benz UC, Hofmann P, Willhauck G, Lingenfelder I and Heynen M (2004) Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3), 239-258
- Gorte B (1998). *Probabilistic segmentation of remotely sensed images*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)
- Haralick RM, Shanmugam K and Dinstein IH (1973) Textural features for image classification. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, (6), 610-621
- Mansouri B, Mousavi M, Amini-Hosseini K and Shinozuka M (2007) Parcel-based Damage Detection using VHR Optical Data. In *Proc. 6th Int. Workshop Remote Sens. Disaster Appl.*
- Mather P and Tso B (2003) *Classification methods for remotely sensed data*. CRC press
- Relief Web, 2004. <http://www.reliefweb.int/w/map.nsf/Emergency?OpenForm&Query=Iran%3A+Earthquake+-+Dec+2003>
- Yamazaki F, Yano Y and Matsuoka M (2005) Visual damage interpretation of buildings in bam city using quickbird images following the 2003 bam, Iran, earthquake. *Earthquake Spectra*, 21(S1), 329-336